СЕКРЕТЫ ПАЯЛЬНО-РЕМОНТНОГО ИНСТРУМЕНТА (часть 3)

(Окончание. Начало в «РЭТ» №2, 1999 г.)

Виктор Новоселов, к.т.н.

В двух статьях цикла был рассмотрен наиболее экономичный (контактный) инструмент и наиболее совершенный (инфракрасный) инструмент для обращения с BGA. Предмет третьей части — конвекционный инструмент, основанный на использовании воздуха, а также вакуума. За вычетом одного угасающего направления — выпаивания компонентов с помощью профилированной струи горячего воздуха (где явное преимущество оказалось на стороне термопинцета или инфракрасного излучателя), для каждой из рассматриваемых ниже паяльно-ремонтных операций воздух необходим как... воздух!

3. ИНСТРУМЕНТ ВОЗДУШНО-ВАКУУМНОГО ТИПА

Вакуумный манипулятор

Антистатический ручной вакуумный манипулятор «вампир» (рис.13) предназначен для переноса и установки поверхностно-монтируемых микросхем (особенно QFP) за верхнюю плоскость корпуса, чтобы избежать механической деформации тончайших выводов и уберечь микросхемы от электростатического повреждения. Манипулятор используют также при демонтаже для удаления выпаиваемой микросхемы с платы. При всей концептуальной простоте данного инструмента цена такой рукоятки с силиконовой присоской составляет десятки долларов: даже тайваньский, неантистатический вариант «вампира» обходится в $20, не говоря уже о лучших европейских образцах, которые почти втрое дороже. Кроме антистатических материалов рукоятки, имеют значение эластичность и долговечность силиконовых присосок, а также механические характеристики вакуумного поршня. Проще говоря, качество «вампира» — это то, как долго может висеть на присоске микросхема, насколько она тяжела при этом, и сколько лет вы не будете думать о замене манипулятора. Уронить дорогостоящую микросхему в корпусе QFP и искорежить ее выводы — что может быть досаднее? Поэтому «вампиры» (ERSA SVP-100, PACE HANDPIK и др.) имеют устойчивый спрос, несмотря на шокирующую цену, кажущуюся несоразмерной их простоте. Наличие встроенных компрессоров в паяльно-ремонтных комбайнах (как ERSA Rework-80 или PACE PRC-2000), позволяет комплектовать их вакуумными манипуляторами, в которых разрежение воздуха создается не механическим поршнем вручную, а компрессором.

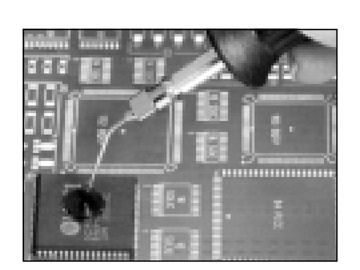


Рис. 13. Вакуумный манипулятор

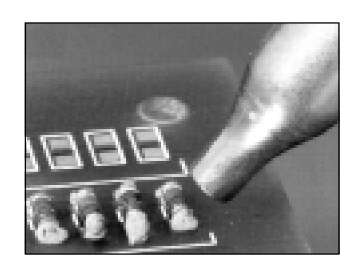


Рис. 14. Термофен

Термофен

Горячий воздух может использоваться для локальной пайки поверхностно-монтируемых компонентов. Конактный паяльник с жалом типа «микроволна» (см. часть 1) изрядно потеснил горячий воздух из сферы пайки многовыводных микросхем, однако термофен по-прежнему является предпочтительным инструментом для локальной пайки малоразмерных SMD компонентов (chip-резисторов, конденсаторов и т.п.). В зависимости от геометрии объекта пайки используют щелевидное или круглое сопло термофена, профилирующее воздушную струю. Абсолютно точное воспроизведение условий пайки воздухом проблематично, ибо температура струи, обтекающей поверхность компонента, зависит от расстояния и угла расположения сопла, скорости и температуры воздушной струи. По этим причинам в большинстве конвекционных станций (как ERSA HS-8000P или Rework-80) шкала температуры аналоговая. Если же жестко фиксировать расстояние до объекта пайки, вид сопла и скорость воздушной струи, то можно добиться более высокой воспроизводимости результата пайки. Однако, этим инструментом будет уже не просто термофен, а дорогстоящая установка PACE ThermoFlo.

Процесс локальной пайки малоразмерных SMD-компонентов с помощью термофена выглядит следующим образом. На контактные площадки наносят небольшое, но достаточное количество паяльной пасты в виде капель — вручную или с помощью автоматического дозатора (при крупносерийном производстве для нанесения пасты чаще используют трафарет). Дискретные компоненты раскладывают на площадки (рис. 14) без



Рис. 15. Пневматический дозатор

особой тщательности, ибо в процессе оплавления паяльной пасты воздухом их центрирование произойдет автоматически, благодаря действию сил поверхностного натяжения (что не относится к тяжелым корпусам микросхем, требующим точной установки!). Возвратно-поступательными движениями с помощью струи горячего воздуха осуществляют предварительный прогрев всей линейки выводов по одну сторону корпуса микросхемы, после чего добиваются полного оплавления паяльной пасты последовательно, вывод за выводом. Как следствие, пайка термофеном большого числа компонентов на плате — процесс весьма длительный. Использование термофена — скорее вынужденный шаг, чем желанный, особенно, если учесть капризность условий хранения и применения паяльной пасты, а главное — ее высокую цену. При высокой плотности монтажа сложно исключить и побочное воздействие горячего воздуха на компоненты, расположенные в непосредственной близости от зоны пайки. К достоинствам же пайки горячим воздухом следует отнести отсутствие физического контакта инструмента с компонентами (невозможность их механического или электростатического повреждения).

Пневматический дозатор

Как упомянуто выше, при пайке горячим воздухом приходится использовать паяльную пасту. Важным условием качества пайки является *количество* паяльной пасты, наносимой на контактные площадки или выводы компонентов. Как недостаток, так и излишек пасты приведет при оплавлении к нежелательному результату, легко различимому визуально. Нанесение мельчайших одинаковых доз паяльной пасты из картриджа вручную (механическим нажатием поршня) чрезвычайно сложно и расточительно: капли получаются неодинаковыми по величине, а под действием остаточного давления из картриджа неизбежно выдавливается «лишняя» дорогостоящая паста. Поэтому и встает вопрос о приобретении автоматического пневмодозатора. Дозатор может использоваться также для нанесения крем-флюса или клея, выпускаемого в картриджах стандартного объема, хотя проблема равномерности дозировки крем-флюса и не стоит так остро, как в отношении пасты.

В зависимости от варианта исполнения, пневмодозатор может содержать встроенный компрессор, как, например, PACE PRC2000 или Weller WMA-3V. Если его нет, необходим внешний компрессор, обеспечивающий давление в диапазоне 2...5 Бар, как у ERSA DP-100. Встроенный компрессор привлекательнее в смысле функциональной автономности, внешний — в отношении цены. Дозатор ERSA DP-100 (рис.15) считается недорогим для устройств высшего класса. Размер и темп репродуцирования порций задаются с помощью аналоговых органов управления: продолжительность выдавливания одной порции регулируется в пределах от 0,1 до 1 секунды, а частота следования порций — в пределах от 1 до 10 секунд. Активизация и приостановка дозирования осуществляются педалью-выключателем. Оптимальный режим дозирования подбирают экспериментально, в зависимости от вязкости материала, размера контактных площадок и темпа работы радиомонтажника.

Вакуумный термоотсос

Вакуумный термоотсос используется для выпаивания электронных компонентов со штыревыми выводами. Этот инструмент знаком и профессионалам, и радиолюбителям в широком спектре реализаций — от простого сетевого паяльника с пристыкованной пружинной помпой или резиновой грушей, до наиболее совершенных устройств ценой в тысячу долларов. Хотя процедура освобождения выводов от припоя везде одинакова, столь впечатляющая разница в цене обусловлена уровнем технического совершенства инструмента. В чем оно заключается? Рассмотрим четыре важнейших параметра вакуумного термоотсоса и влияние этих параметров на качество демонтажа компонентов из отверстий:

1. Слишком высокая температура или длительное время контакта наконечника термоотсоса с платой приводит к отслоению контактных площадок и повреждению переходных отверстий. В многослойных платах тепло интенсивно распространяется от точки нагрева, еще более усложняя работу. Поэтому хороший инструмент должен обеспечивать минимальную температуру, необходимую и достаточную для полного оплавления контакта, причем быстро. Отношение массы наконечника термоотсоса к массе выпаиваемого объекта, рассеивающего тепло, определяет скорость остывания наконечника при касании объекта и, соответственно, длительность операции выпаивания.

2. Процедура выпаивания микросхемы с помощью вакуумного термоотсоса является многошаговой: она слагается из последовательности однотипных операций над каждым из ее выводов. В процессе вакуумной очистки вывода наконечник термоотсоса остывает как из-за механического контакта с выводом и платой, так и в результате всасывания воздуха через внутренний канал. Если восстановление температуры наконечника осуществляется недостаточно быстро, то это снижает

производительность демонтажа и стабильность результатов. Желание ускорить процедуру путем повышения температуры инструмента имеет последствия, упомянутые в пункте 1.

3. Ключевым фактором эффективности извлечения расплавленного припоя является уровень вакуумного разрежения, но не столько в самом компрессоре, сколько в наконечнике термоотсоса поблизости от точки выпаивания. В большинстве систем, в том числе — имеющих мощные вакуумные насосы, клапан расположен поблизости от насоса, а не в оконечном инструменте. Поэтому при открытии клапана воздух сначала втягивается из метрового шланга-воздуховода (тем самым уменьшая уровень разреженности и ослабляя тягу), и только потом — из наконечника термоотсоса и объекта выпаивания. Между тем, расплавленный припой должен полностью, за считанные миллисекунды пролететь через наконечник, чтобы не застыть и не блокировать канал по пути следования. Неполная же очистка вывода микросхемы и отверстия от припоя может повлечь обрыв проводника при удалении микросхемы.

4. Утомительной процедурой является удаление брызг припоя из стеклянной колбы-накопителя и чистка канала в наконечнике термоотсоса. Возможность легко и быстро выполнять подобные работы должна быть заложена в конструкции инструмента наряду с эргономичностью и антистатическим исполнением.

Читатель может самостоятельно проанализировать, в какой мере различные вакуумные термоотсосы соответствуют приведенным критериям качества. В качестве точки отсчета можно принять новейший (образца зимы 1999 года) термоотсос ERSA XTool (рис. 16), в котором перечисленные функциональные свойства обеспечиваются следующими техническими решениями:

• два керамических нагревателя суммарной мощностью 120 Вт в рабочем режиме (260 Вт при включении), разогревают состыкованный со сменным наконечником массивный «резервуар тепла» (35 г гальванической меди), позволяющий эффективно компенсировать остывание наконечника при касании объекта выпаивания;

• термосенсор, расположенный близко к точке выпаивания (на стыке со сменным наконечником) оперативно регистрирует снижение температуры, а электронный блок управления, обладающий большим запасом мощности, обеспечивает быструю «подкачку» тепла через малоинерционные керамические нагреватели ERSA;

• вакуумная камера расположена в рукоятке инструмента на расстоянии менее 100 мм от точки выпаивания, поэтому при открытии клапана расплавленный припой всасывается с большой скоростью благодаря мощной тяге (500 мБар всего за 55 мс, рис. 16): сегодня это рекордный результат на мировом рынке;

• картридж-накопитель припоя извлекается из рукоятки инструмента всего за три секунды; еще пять секунд требуется для установки сменного картриджа. Очистка картриджа состоит в простой замене бумажного фильтра с брызгами припоя: борьба со стеклянной колбой с помощью металлической кисточки — в прошлом! Чтобы минимизировать вероятность засорения канала, внутренний диаметр его увеличен, и только на расстоянии 3 мм от края наконечника диаметр уменьшается до рабочего значения 0,8...1,8 мм в соответствующем типе наконечника. Если засорение короткой части канала все же произошло, очистка производится быстро и безопасно.

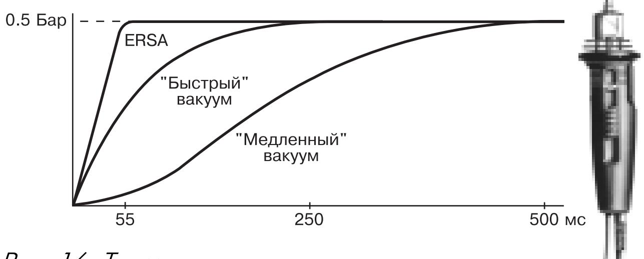


Рис. 16. Термоотсос и его характеристики

Пневматическая схема вакуумного термоотсоса XTool подключается к компрессору CU100A (220В, 800 мБар, 4,5 л/мин, 55 дБ, 1,25 кг), а управление нагревом осуществляется либо от универсального блока MicroCon60A (см. первую статью цикла), либо от автономного электронного блока DIG81XA. Вообще, разработка вакуумного термоотсоса на фоне мощного продвижения SMT технологий — весьма неожиданный ход фирмы ERSA, отдающий дань значимости традиционной технологии монтажа в отверстия, массовость применения которой велика и по сей день.

На рис. 17 изображен ремонтный комбайн ERSA Rework-80 с дополнительным (сменным) модулем. Среди шести инструментов можно распознать три воздушно-вакуумных, а именно: манипулятор, термофен и термоотсос. В совокупности с инструментами контактного типа (паяльниками 20Вт, 80Вт и термопинцетом) эта проверенная временем «рабочая лошадка» позволяет выполнять многие виды паяльно-ремонтных работ (за исключением BGA) на должном уровне технико-экономической эффективности. Завершая рассмотрение приборов воздушно-вакуумного типа, остановимся еще на одном, которому традиционно (но оправданно ли?) отводится вспомогательная роль.

Воздушный фильтр–дымоуловитель

Memento more... Жизнь коротка, и она может стать еще короче при регулярном вдыхании дыма — неизбежного спутника операций пайки и демонтажа. В этом смысле качество системы воздухоочистки даже более важно, чем качество паяльного инструмента! В среде цивилизованных работодателей бытует мнение, что лучше тратить деньги на хорошие фильтры, чем на оплату лечения хронических болезней радиомонтажников. Высококачественный фильтр имеет следующие признаки:

• производит очистку воздуха не только от взвешенных мельчайших частиц, но и от газов;

• имеет достаточную производительность (химические реакции взаимодействия газов с активированным углем предполагают время контакта не менее 0,3 сек);

• соответствует нормам электростатической безопасности;

• не превышает допустимого уровня шума на рабочем месте радиомонтажника;

• работает непрерывно в течение длительного срока эксплуатации;

• допускает контроль степени загрязнности фильтрующих блоков и их простую замену;

• конструкция дымоприемника не создает неудобств при выполнении радиомонтажных работ.

Типовые реализации агрегатов по очистке воздуха таковы:

1. Автономный настольный малошумящий фильтр с сильной тягой, обеспечивающий отвод дыма непосредственно из места пайки через трубку малого диаметра, закрепленную непосредственно на рукоятке паяльника;

2. Автономный напольный агрегат с умеренной тягой и невысоким уровнем шума, с телескопическим дымоотводом для одной рабочей зоны или с разветвителем на два рабочих места;

3. Высокопроизводительный цеховой агрегат с централизованным компрессором и разводкой дымоприемников по рабочим местам.

При работе с миниатюрными изделиями вариант (1) уменьшает пространство обзора и степень свободы в движениях. Для небольших фирм цеховой агрегат (3) слишком дорог. Поэтому в настоящее время наиболее популярен децентрализованный вариант (2), соответствующий масштабам средней фирмы и SMT технологии. Пример — автономный (220В, 44Вт) фильтр-дымоуловитель Easy Arm шведского производства FILTRONIC, заполонивший более 90% рынка скандинавских стран. Высота рабочей части 60 см, диаметр 30 см, вес 9 кг. Агрегат рассчитан на одно-два рабочих места с производительностью очистки воздуха до 70 куб.м/час при фильтации газов (95%) и микрочастиц (99,9%) с уровнем шума 53дБ на расстоянии 1,5 м. В комплект входит телескопический дымоприемник с креплением к столу; дополнительно — развилка на два рабочих места. В статье расходов на каждый год желательно предусмотреть приобретение сменного картриджа: иначе воздушный фильтр будет правильнее трактовать лишь как часть интерьера.



Рис. 17. Ремонтный комбайн ERSA Rework-80 со сменным модулем

4. ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА

Подведем итог и сделаем ряд практических выводов.

Тезис 1: Для большинства паяльно-ремонтных работ вполне достаточно возможностей современного *контактного* инструмента: паяльников с жалами специальной конфигурации, термопинцета, вакуумного термоотсоса. Малоразмерные SMD-компоненты удобнее паять *термофеном* с использованием паяльной пасты.

Тезис 2: Для выполнения наиболее сложных (в том числе с BGA) операций пайки-выпаивания в локальной зоне удобно применять установку *инфракрасного* типа.

Тезис 3: Функциональные возможности инструмента отражаются на его цене, однако самые эффективные технико-экономические решения *не обязательно* являются самыми дорогостоящими.

Вероятно, именно на этих тезисах основана стратегия немецкой фирмы ERSA и весь ее модельный ряд. Аналогичные инструменты — паяльники с высокой степенью термостабилизации и широким спектром жал, термопинцеты, термоотсосы, дозаторы, и т. д. — представлены и в арсенале других крупнейших поставщиков, в том числе наиболее известных в России: PACE и CooperTools (Weller). Отличие маркетинговой политики последних состоит в более активном продвижении *конвекционного* подхода к выполнению паяльно-ремонтных работ. Во всех случаях знание конъюнктуры рынка является непременным фактором успеха при выборе инструмента. Поэтому таблица 2 (на примере хотя бы одной фирмы) значительно упрощает задачу выбора инструмента в категории высшего качества, в ценовом диапазоне $180...4500. Если же ваш бюджет на покупку паяльной станции ограничен планкой $90, единственным европейским предложением является станция ERSA MS250/S. При еще более скромных возможностях (не выше $75) выбор сужается до тайваньских паяльных станций: например, Solomon SL-30CMC, SL-30 и SL-20. Следующая ступенька вниз по цене — это уже бестрансформаторные паяльники с грубой регулировкой температуры, и последняя — сетевые паяльники без всякой регулировки (которые, впрочем, делятся на европейские, «наши» и китайские). Все перечисленные торговые марки солидно представлены на российском рынке партнерами соответствующих зарубежных производителей. Факт существования еще полутора десятков уважаемых производителей не добавляет ничего существенного в картину функциональных возможностей и цен паяльно-ремонтного инструмента на рубеже веков: такой вывод сделал посетитель всемирной выставки Productronica, завершая рукопись данной статьи.

Таблица 2. Оптимальный подбор паяльного инструмента

Типы компонентов	Виды инструмента	Станция в базовой комплектации	Станция с возможностью расширения	Комментарии
Монтаж компонентов в отверстия				
Микросхемы в корпусе DIP; дискретные компоненты малой и средней мощности	Паяльник TechTool	Digital60A, MicroCon60A, IR500A		Самая точная и стабильная температура
	Паяльник ErgoTool	Analog60A		Экономичный вариант; недорогие паяльные жала
Разъемы, мощные дискретные активные и пассивные компоненты, многослойные соединения	Паяльник PowerTool	Digital80A, Twin80A	MicroCon60A, IR500A	Максимальная мощность при точном контроле; недорогие паяльные жала
	Паяльник BasicTool80		Rework80	Экономичное дополнение; недорогие паяльные жала
Микросхемы в корпусе PGA, сложнопрофильные Установочные изделия	Инфракрасная установка	IR500A IR400A		Размер рабочей зоны нагрева от 10x10 мм до 55x55 мм
Демонтаж компонентов из отверстий				
Микросхемы и дискретные компоненты с небольшим диаметром выводов	Вакуумный термоотсос	VAC6500		Автономное решение
	Вакуумный термоотсос		Rework80	Экономичное дополнение
Любые компоненты и многослойные платы	Вакуумный термоотсос повышенной мощности	X-ToolKit	MicroCon60A, IR500A	Новинка осени '99: ускоренный прогрев, импульсная тяга
Микросхемы в корпусе PGA, сложнопрофильные и массивные компоненты	Инфракрасная установка	IR500A IR400A		Размер зоны от 10x10 мм до 55x55 мм
Монтаж компонентов на поверхность				
Микросхемы в корпусах TSOP, SSOP, TSSOP, QFP, LQFP, TQFP с малым и ультрамалым шагом выводов	Паяльник MicroTool	SMT Unit60A, Analog 20A, Twin 80A, Rework80	MicroCon60A, IR500A	Паяльные жала «микроволна»; сверхтонкие конусообразные и клиновидные жала. Опция: установщик микросхем с ультрамалым шагом PL100A.
Микросхемы в корпусах с малым шагом выводов, PLCC, SOJ, SOIC, панельки, разъемы	Паяльник TechTool	Digital60A, MicroCon60A, IR500A		Паяльные жала «микроволна»; жала с боковой рабочей плоскостью; конусообразные и клиновидные тонкие жала
Микросхемы в матричных корпусах PBGA, CBGA, CSP, FlifChip	Инфракрасная установка	IR500A IR400A		Размер рабочей зоны от 10x10 мм до 55x55 мм
Chip-компоненты типо-размера 0603 и менее	Термофен HSP-80	HS 8000P, Rework80		Опция: дозатор паяльной пасты DP-100A
Chip-компоненты типо-размера 0805 и более, диоды, транзисторы, сборки, танталовые и алюминиевые конденсаторы, триммеры, индуктивные элементы, разъемы, индикаторы	Паяльник MicroTool	SMT Unit60A, Analog 20A, Twin 80A, Rework80	MicroCon60A, IR500A	Узкие конусообразные и клиновидные жала
	Термопинцет Pincette40	SMT Unit60A, Rework80	MicroCon60A, IR500A	Могут быть удобны парные игловидные насадки
	Паяльник TechTool	Digital60A, MicroCon60A, IR500A		Узкие конусообразные и клиновидные жала
Любые типы компонентов в ограниченной зоне печатной платы. Монтаж с использованием паяльной пасты (CBGA) или без нее (PBGA)	Инфракрасная установка	IR500A IR400A		Размер зоны от 10x10 мм до 55x55 мм. Опции: установщик PL100A, дозатор DP100A
	Антистатическая плитка HP-100			Лабораторная пайка плат размером до 180x100 мм с односторонним монтажом
Предварительный прогрев плат и керамических компонентов при пайке	Нижний излучатель инфракрасный установки	IR500A IR400A		Размер зоны подогрева до 110x110мм
	Антистат. плитка HP-100			Размер зоны до 180x100 мм
Демонтаж компонентов с поверхности				
Chip-компоненты всех типоразмеров, дискретные активные и пассивные компоненты, микросхемы с линейкой выводов до 30 мм	Термопинцет Pincette40	SMT Unit60A, Rework80	MicroCon60A, IR500A	Наиболее экономичное решение для большинства случаев. Спектр насадок для разных типов компонентов. Наборы насадок и паяльных жал SMD8012, SMD8013
Микросхемы в корпусах BGA, PGA, а также любые компоненты размером от 10x10 мм до 55x55 мм	Инфракрасная установка	IR500A IR400A		Универсальное решение: IR500A с термопинцетом для выпаивания малогабаритных компонентов